



KOREAN PATENT ABSTRACTS(KR)

Document Code:A

(11) Publication No.1020010051486

(43) Publication Date. 20010625

(21) Application No.1020000065760

(22) Application Date. 20001107

(51) IPC Code:

H01J 29/48

(71) Applicant:

ETEC SYSTEMS, INC.

(72) Inventor:

VENEKLASSEN LEE H.

(30) Priority:

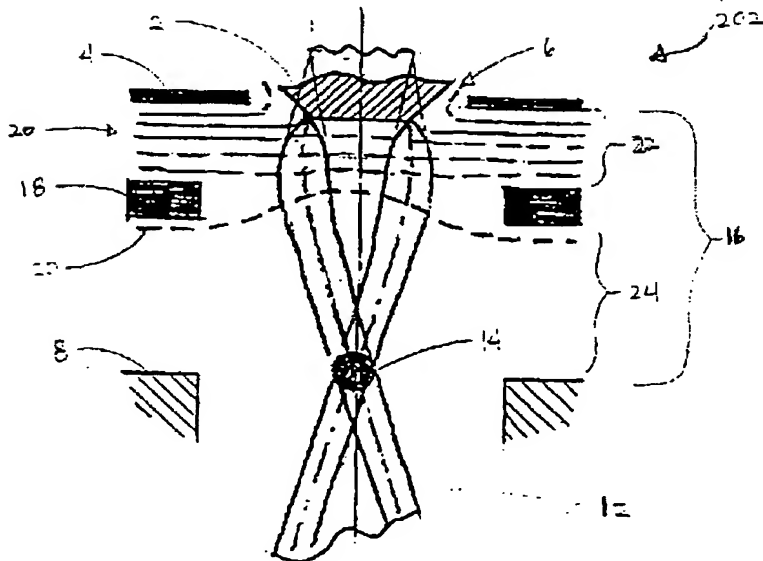
1999 437811 19991110 US

(54) Title of Invention

TETRODE ELECTRON GUN FOR ELECTRONIC BEAM COLUMN

Representative drawing

(57) Abstract:



PURPOSE: A tetrode electron gun for electronic beam column is provided to adjust both variable high brightness and illumination uniformity in the profile of the electron beam by adding the fourth electrostatic focusing electrode located between the cathode and the anode within the electron gun.

CONSTITUTION: An electron beam column comprises an electron source including a cathode(2), an electrode disposed coaxially to electrons emitted from the cathode, an anode(8) disposed coaxially to the electrons influenced by the electrode, an electrostatic focusing electrode(18) disposed between the electrode and the anode; an aperture located so that an electron beam from the source is incident thereon; and a plurality of electron beam

lenses(20), each co-axial to the electron beam and located to focus the beam after

passing through the aperture.

© KIPO 2002

if display of image is failed, press (F5)

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) Int. Cl.
H01J 29/48

(11) 공개번호
(43) 공개일자

특2001-0051486
2001년06월25일

(21) 출원번호	10-2000-0065760
(22) 출원일자	2000년11월07일
(30) 우선권주장	9/437,811 1999년11월10일 미국(US)
(71) 출원인	에텍 시스템즈, 인코포레이티드 미국 미국 캘리포니아 헤이워드 시스템즈, 인코포레이티드 26460
(72) 발명자	베네크라센,리에이치. 미국 미국94546캘리포니아카스트로밸리배딩로드3445
(74) 대리인	남상선
(77) 심사청구	없음
(54) 출원명	전자 빔 컬럼용 4극관 전자 총

요약

전자빔 컬럼에서 종래의 전자총(electron gun)은 열전자 3극관 구성을 활용한다. 4극관(4개 전극) 총은 전자빔의 프로파일에서 가변 고 광도 및 조명 균일성 모두를 조절하는 것으로 알려져 있다. 이는 전자총 내의 캐소드와 애노드 사이의 정전 집속 전극(focusing electrode)을 추가함으로써 달성된다. 집속 전극은 수 keV의 양전기로 바이어스되고 무한대로 집속되는 캐소드의 이미지를 허용한다. 집속 전극의 추가로 일정한 방출을 유지하기 위해서 캐소드 아래에 장착된 그리드의 바이어스를 조절함으로써 가변 광도 및 조명 균일성 모두를 조절할 수 있다. 반면에 집속 전극의 바이어스를 조절하여 최적의 균일한 빔 단면을 형성할 수 있다.

대표도

도3

명세서

도면의 간단한 설명

도 1은 종래의 전자 형상 빔 컬럼을 나타내는 도면.

도 2는 도 1의 전자 빔 컬럼에서 종래의 3극관 어셈블리를 나타내는 도면.

도 3은 도 1의 전자 빔 컬럼에서 본 발명의 4극관 어셈블리를 나타내는 도면.

도 4는 3극관 어셈블리로부터 전자빔 및 이에 해당하는 등전위 에너지의 주광선을 나타내는 도면.

도 5는 본 발명의 4극관 어셈블리로부터 전자빔 및 이에 해당하는 등전위 에너지의 주광선을 나타내는 도면.

* 도면의 주요부분에 대한 부호의 설명 *

2 : 캐소드○○○○4 : 그리드 전극

6 : 그리드 홀○○○○8 : 애노드

12 : 전자 빔○○○○14 : 크로스오버

18 : 집속 전극○○○○20 : 등전위 라인

16, 22, 24 : 갭

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 전자 빔 컬럼 및 이를테면 전자 빔 리소그래피용 컬럼에 사용하기 위한 전자총(소스)에 관한 것이다.

전자 빔 컬럼은 예를 들어, 기판상에 입사 전자빔에 민감한 레지스트로 코팅처리된 패턴을 이미지화시키기 위해 전자빔 리소그래피에서 사용되는 것으로 공지되어 있다. 노출된 레지스터의 차후 공정은 나중에 애칭 또는 다른 프로세스를 위한 패턴으로 사용될 수 있는 레지스트에서 패턴을 한정한다. 또한 전자 빔 컬럼은 표면 및 얇은 샘플들을 이미지화시키기 위한 전자 현미경에서 사용된다. 전자 현미경 및 리소그래피를 위한 종래의 전자 빔 컬럼이 공지되어 있고 일반적으로는 전자 빔을 생성하는 전자 방출기를 포함하고 있는 전자 총을 포함한다. 총으로부터의 전자 빔은 스캐닝 프로브(probe)를 생성하거나, 또는 일련의 전자 빔 렌즈를 사용하여 샘플 또는 개구(aperture)를 조명하는데 사용될 수 있다.

종래의 전자 빔 컬럼 및 전자 빔 마이크로컬럼은 전자 소스를 포함한다. 일례로 상기 소스는 종래의 쇼트키(Schottky) 방출총 또는 방출기(캐소드) 및 3극관 영역을 포함하는 전계 방출총(일반적으로는 전자 총으로 간주)으로, 상기 3극관 영역은 전자 빔의 방향을 기준으로 뒤쪽으로 방출기를 둘러싸며, 전자 빔의 최종 에너지로 전자 빔을 집속하고 가속시키는 정전 예비-가속기 렌즈이다. 상기 설명된 것처럼, 상기 총 광학은 타겟상의 소스 개구 또는 샘플을 재집속시키고 이미지화시키는 일련의 렌즈를 수반한다(광학 및 렌즈는 전자 빔의 행렬 및 조작을 위한 구조를 칭하는 것으로 종래의 광 광학을 칭하는 것은 아니다.)

예를 들면 본 명세서에서 참조로 사용되는 미국 특허 제 4,430,570호를 참조하면, 가변 형상의 빔 리소그래피를 위한 전자 총은 균일한 형상의 조명을 위해 고광도 및 낮은 에너지가 분포된 조합이 요구된다. 임계치의 도즈 필요조건, 정교한 형상, 및 패턴 개구 위치의 사용으로 조명 균일성이 보다 더 요구된다. 그러나, 도 2에 도시된 단면에서 볼 수 있듯이, 종래의 열전자 전자총은 캐소드(2), 음으로 바이어스된 그리드 전극(4), 및 가속 애노드(8)(지지 부재, 전기 도선, 및 진공 인클로저(enclosure)는 도시되지 않음)를 구비한 3극관 어셈블리(200)를 사용한다. 3극관 어셈블리(200)에서 광도 제어시에 캐소드(2) 온도는 자체 표면으로부터 전류 밀도를 제어하는 반면, 그리드(4)의 바이어스는 그리드 홀(6)을 통과함에 따라 캐소드(2)의 표면에 방치될 수 있는 전자 빔(12)으로부터의 영역을 한정함으로써 방출을 제어한다. 플랫 램판-헥사보라이드(lanthanum-hexaboride)(LaB₆) 캐소드를 갖춘 종래의 전자 빔 컬럼에서, 일반적으로 전자 빔(12) 광도는 공간 전하 효과에 의해 제어되어, 캐소드(2)의 온도에 상관없이 전류 밀도에 따라 최고 범위로 설정된다. 공간 전하 효과는 에너지 분포를 증가시키는 것으로 기술상 공지되어 있다. 광도를 최대화시키는 방법은 캐소드(2) 표면에 전자들을 방치시킨 후 가능한 빨리 전자를 가속시키는 것이다. 역 바이어스된 총을 사용하여 캐소드(2) 표면에서는 상당히 낮은 전계 강도가 요구된다; 낮은 전계 영역의 길이 및 방사상 범위는 총 구조학적으로 제어될 수 있다. 이는 캐소드(2)의 표면상의 방출 영역 중심부로 보다 높은 전계를 부여하여 공간 전하 제한을 경감시키고 쇼트키 방출을 촉진시키며 광도를 증가시킨다.

조명 균일성을 제어하기 위하여, 종래의 전자 총은 "임계 조명 모드"에서 대형의 플랫 캐소드를 사용한다. 도 2에서 캐소드(2) 표면의 이미지는 빔(12) 단면을 형성하도록 사용되는 형상화된 개구로 조명되어 애노드(8)의 뒷쪽에 장착된다(형상 물체는 공지되어 있고 도 1에서 형상 물체(110)으로서 도시된다). 여기서, 총으로부터 방출되는 빔(12)의 각(angular) 분포는 가우시안 프로파일이라기 보다는 평탄한 "맨해튼(Manhattan)" 프로파일을 나타내는 경향이 있어, 물체를 균일하게 조명하기 위해 방출되는 빔(12)의 상당부를 사용할 수 있다.

그러나, 가변 광도 및 균일성이 동시에 요구되는 경우, 3극관 총은 기본적인 문제점이 있다. 이러한 3극관 어셈블리(200)로는, 광범위한 방출 전류 및 캐소드 전류 밀도에 대해 캐소드(2) 표면의 원초점(telefocal) 이미징을 달성할 수 없다. 전류 밀도가 낮을수록 캐소드(2) 표면 상에는 작은 방출 영역을 수반하나, 이러한 영역으로 방출을 제한하기 위해서는 전계 구성이 요구되어 과도한 렌즈 작용이 일어나, 애노드(8) 근처에 위치한 작은 캐소드(2)의 이미지를 야기시킨다. 이러한 이미지는 이상적으로는 확대되어야 하며 무한대 부근의 초점 평면 상에 중심적으로 투사되어야 한다. 보정 조명은 무한대로 표면 이미지를 투사하기 위해 총 출구 부근에 자석 렌즈를 첨가함으로써 달성되나, 상기 자석 렌즈는 크로스오버(14)의 이미지 또는 푸리에(Fourier) 평면 이미지에 영향을 미치며, 또한 총 디자인 및 구조의 주요한 변형을 요구하여 설치가 적합하지 않다. 따라서, 이상적인 조명은 종래의 3극관 어셈블리(200)에서 총 바이어스 조건을 조합한 것으로만 달성될 수 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

전자 빔 컬럼에서 사용되는 종래의 전자 총은 전자 방출기를 위한 전자이온 3극관(3개 전극) 구성을 활용한다. 본 발명에 따라, 4극관(4개 전극) 총은 전자 빔의 프로파일에서 가변 고광도 및 조명 균일성 모두를 조절할 수 있다. 이는 전자 총 내에 캐소드와 애노드 사이에 위치되는 4개의 정전 집속 전극을 부가함으로써 달성된다. 집속 전극은 예를 들어 수 keV의 양전기로 바이어스되어 무한대로 집속되는 캐소드의 이미지를 허용한다.

집속 전극은 총 내부에서 발생하는 고 전계로부터 캐소드를 보호한다. 이는 3극관 구성에서 캐소드가 애노드를 보다 더 향하게 위치되게 한다; 또한 전자가 방출되어 캐소드의 낮은 강도의 전계로부터 가속 갭이 높은 강도의 전계로 이동되고, 전계 세기의 차이는 개구(aperture) 렌즈처럼 동작하게 된다. 따라서, 집속 전극의 추가는 일정한 방출을 유지하도록 캐소드의 하부에 장착된 그리드의 바이어스를 조절하면서 최적의 빔 단면 균일성을 얻기 위해 집속 전극을 조절함으로써 사용자에게 가변 광도 및 조명 균일성 모두를 제공하게 된다.

발명의 구성 및 작용

상기 설명된 것처럼 전자 빔 컬럼은 기술상 공지되어 있다. 도 1은 기판상에 개구에 의해 한정되어, 집속된 형상을 이미지화시키는 종래의 전자 빔 리소그래피 공구(도시되지 않음)에서 사용되는, 종래의 형상화된 빔 컬럼(100)의 도면이다. 컬럼(100)은 개구(104)를 지나는 전자 빔(102)을 방출하는 전자 소스(200) 및 공지된 전자 빔 렌즈(106)를 포함한다. 빔(102)은 형상 물체(108), 예를 들어 사각형의 개구 상으로 투사된다. 자석 렌즈 또는 정전 렌즈일 수 있는 일련의 전자 빔 렌즈(110,112)가 형상 물체(108)를 지나는 전자를 집속시키고 기판(114) 상에 형상 물체(108)의 확대 이미지를 투사하는데 사용된다. 컬럼(100)이 리소그래피 공구로 사용되는 경우, 기판(114)은 마스크 블랭크 또는 반도체 웨이퍼이다.

도 1에 도시된 것처럼, 종래의 형상화된 전자 빔 컬럼(100)은 기판(114) 상에 형상 물체(108)의 집속된 이미지를 산출한다. 전형적으로, 컬럼(100)에서 사용되는 형상 물체(108)의 크기는 기판(114) 상의 형상 물체(108) 이미지보다 커서, 전체 대형인 선형 컬럼 축소화를 달성할 수 있다.

도 3은 전자 빔 컬럼에서 사용하기 위한 전자 총 4극관 어셈블리(202)를 나타낸다. 어셈블리(202)는 도 2의 종래 기술의 어셈블리(200)와 치환된 것으로 대부분은 도 2의 어셈블리(200)와 유사하며 유사한 소자는 동일한 부호로 표시했고 집속 전극(18), 다이오드 갭(22) 및 가속 갭(24)이 부가되었다. 캐소드(2) 및 그리드(4)가 "다이오드 영역"을 형성하고 3극관 어셈블리(200)에서처럼, 캐소드(2) 온도는 캐소드(2) 표면에서의 전류 밀도를 결정하고 그리드(4)는 방출을 제어한다. (그리드(4)는 현재의 그리드일 필요는 없다) 그러나, 그리드(4) 아래에 장착되는 부가적 집속 전극(18)은 다이오드 영역에서의 광범위한 조건에 대해 무한대로 집속되는 캐소드(2)로부터의 이미지를 허용한다. 캐소드(2)는 0eV로 고정되어, 그리드(4) 바이어스는 -10eV 내지 1000eV 범위일 수 있고 애노드(8) 바이어스는 50keV 내지 100keV 범위일 수 있다. 예를 들어, 일 실시예에서 0eV 전위의 캐소드(2)로, 그리드(4) 바이어스는 -50eV이고, 애노드(8) 바이어스는 100keV이다.(이들 값은 예시적인 것으로 제한되지 않는다) 집속 전극(18)은 정전 전극이다; 임계 조명을 얻기 위해서 집속 전극(18) 보다는 자석 렌즈가 사용될 수 있으나, 단일 집속 전극(18) 보다는 3개의 자석 렌즈가 요구된다. 집속 전극(18)은 예를 들어, 약 2mm 두께를 갖는 몰리브덴과 같은 물질로 구성될 수 있다. 또한, 빔(12)이 관통하는 집속 전극(18) 내의 홀 직경은 갭(22, 24) 폭에 따라 좌우된다; 그러나 홀은 직경이 약 5mm이다.

집속 전극(18)의 추가로 3극관 어셈블리(200)로부터 4극관 어셈블리(202)의 상이한 구성이 허용된다. 도 2에 도시된 것처럼, 3극관 어셈블리(200)는 캐소드(2) 및 그리드(4), 애노드(8)와 바로 면한다. 이러한 구성은 캐소드(2)가 높은 전압 갭(16)에서 가속 전계로부터 캐소드(2)를 보호하도록 그리드 홀(6) 뒤에 장착될 것을 필요로 한다; 이는 적절한 바이어스 전압으로 방출을 제어하게 한다. 도 2에 도시된 것처럼, 등전위 라인(10)의 굴곡은 크로스오버(14)에서 이미지가 총의 출구 부근에서 나타나는 강한 수렴 렌즈 효과를 생성한다.

종래 기술의 3극관 어셈블리(200)에 대해 도 4의 축 위치(Z)대 전자 에너지(V(Z)) 전위도는 캐소드(2) 표면 부근의 낮은 전계 영역(30) 부근에서는 일 실시예에서 캐소드(2)가 0eV이고 그리드(4)가 -50eV에 있기 때문에 낮은 전계는 상대적으로 긴 영역에 있는 것을 나타낸다. 상기 낮은 전계는 공간 전하 효과를 촉진시킨다. 등전위 라인(10)의 굴곡은 총 출구 부근의 크로스오버(14)에서 이미지가 집속되는 강한 수렴 렌즈 효과를 생성한다. 도 3에 도시된 것처럼, 3극관 어셈블리(202)에서, 그리드(4)는 역 바이어스된 채로 있게 된다; 그러나, 집속 전극(18)은 양전기의 수 keV로 바이어스된다. 집속 전극(18)의 전압은 실제적으로는 2keV 내지 10keV 범위에 있을 수 있으나, 예를 들어 일 실시예에서, 집속 전극(18)은 2keV로 바이어스된다. 집속 전극(18)은 캐소드(2) 부근 등전위 라인(20)이 상대적으로 직선형으로 도시된 것처럼, 가속 갭(24)에서 보다 강한 전계로부터 다이오드 갭(22)을 보호한다. 이러한 보호로 빔(12)이 집속 전극(18)으로 들어가기 전에 발산되게 유지되도록 허용하게 그리드 홀(6) 너머 전방에 캐소드(2)를 설치할 수 있다. 갭(22, 24)의 폭은 변할 수 있다; 그러나, 일 실시예에서 다이오드 갭(22)은 약 2mm 간격을 갖고 가속 갭(24)은 약 100mm 간격을 갖을 수 있다.

중심 주광선(26) 및 주변 주광선(28)으로 도 5에 도시된 4극관 어셈블리(202)에 대한 주광선들이 집속 전극(18)에 들어갈 때까지 다이오드 갭(22)은 수평으로 움직이면서 발산된다. 빔(12)이 집속 전극(18)으로 들어가는 지점은 굴곡점(32)에서 중심 주광선(26)이 꺾이는 지점인 것을 알 수 있다. 다이오드 갭(22)을 남겨두고, 캐소드(2) 및 크로스오버(14)의 이미지 모두는 가상이며, 즉 이들 모두는 캐소드(2) 표면 뒤에 놓여있다.

또한 도 5는 다이오드 갭(22)에서의 약한 전계로부터 가속 갭(24)에서 추가적인 집속 작용을 생성하는 강한 전계로 변이되는 것을 나타낸다; 전계 강도에서의 이러한 차이는 개구(aperture) 렌즈를 형성한다. 렌즈 변화는 집속 전극(18)에서의 전압을 2keV로 증가시킴으로써 달성될 수 있다; 이는 사용자가 4극관 어셈블리(202)의 뒤쪽 위치에서 캐소드(2) 및 크로스오버(14)의 표면을 이미지화시키도록 허용한다. 따라서, 집속 전극(18)은 사용자가 일정한 방출을 유지하도록 그리드(4)의 바이어스를 조절함으로써 가변 광도 및 조명 균일성 모두를 달성하도록 허용하며, 집속 전극(18)의 전압을 조절함으로써 균일한 최적의 빔(12)을 얻을 수 있게 된다. 또한, 집속 전극(18) 전압을 소량 변화시키기 위해(수 십 eV), 크로스오버(14)의 직경은 또한 균일한 조명의 반복적 제어를 제공하여 상대적으로 일정하게 유지된다.

상기 설명에 따라, 3극관 및 4극관 어셈블리(200, 202) 모두에 대한 주광선을 각각 도 4 및 도 5에 도시하였다. 도 5는 주광선(26, 28)이 캐소드(2) 부근의 바이어스 조건과 무관하게 제어될 수 있어, 집속 변화(34) 시에 퍼지게 되는 범위를 나타낸다. 최종 결과는 온도, 전류 밀도를 따르며, 캐소드(2)의 광도는 먼저 최적화될 수 있고 다음 최적의 균일한 빔(12)은 집속 전극(18)의 전압을 조절함으로써 달성될 수 있다.

본 발명은 특정 실시예를 참조로 설명하였지만, 상기 설명은 본 발명의 응용의 일례이며 제한되는 것은 아니다. 특히, 상기 설명은 리소그래피에서 전자총에 대한 응용을 목표로 한 것 이지만, 본 발명의 또다른 실시예는 마이크로컬럼 및 다른 전자 빔 컬럼 응용에서의 사용을 포함한다. 개시된 실시예 특징의 다양한 개조 및 조합이 이하 청구항에 의해 한정된 것처럼 본 발명의 범주내에서 가능하다.

발명의 효과

본 발명은 집속 전극의 추가로 일정한 방출을 유지하기 위해서 캐소드 아래에 장착된 그리드의 바이어스를 조절함으로써 가변 광도 및 조명 균일성 모두를 조절할 수 있다. 반면에 집속 전극의 바이어스를 조절하여 최적의 빔 단면 균일성을 형성할 수 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

캐소드, 상기 캐소드로부터 방출된 전자와 동축으로 배치된 전극, 상기 전극에 의해 유도된 상기 전자와 동축으로 배치된 애노드 및 상기 전극과 상기 애노드 사이에 배치된 정전 집속 전극을 포함하는 전자 소스;

상기 소스로부터 전자 빔이 입사되도록 위치된 개구; 및

상기 전자 빔과 서로 동축이며 상기 개구를 통과한 후 상기 빔을 집속시키도록 위치된 다수의 전자 빔 렌즈를 포함하는 것을 특징으로 하는 전자 빔 컬럼.

청구항 2.

제 1 항에 있어서, 상기 캐소드가 약 0eV로 바이어스되는 것을 특징으로 하는 전자 빔 컬럼.

청구항 3.

제 1 항에 있어서, 상기 전극이 그리드 전극인 것을 특징으로 하는 전자 빔 컬럼.

청구항 4.

제 1 항에 있어서, 상기 전극이 약 -10eV 내지 1000eV 범위로 바이어스되는 것을 특징으로 하는 전자 빔 컬럼.

청구항 5.

제 1 항에 있어서, 상기 애노드가 약 50keV 내지 100eV 범위로 바이어스되는 것을 특징으로 하는 전자 빔 컬럼.

청구항 6.

제 1 항에 있어서, 상기 집속 전극이 약 2keV 내지 10keV 범위로 바이어스되는 것을 특징으로 하는 전자 빔 컬럼.

청구항 7.

제 1 항에 있어서, 상기 캐소드가 상기 전극에 한정된 구멍 내로 연장되는 것을 특징으로 하는 전자 빔 컬럼.

청구항 8.

제 1 항에 있어서, 상기 집속 전극이 상기 캐소드와 상기 전극을 전기적으로 보호하는 것을 특징으로 하는 전자 빔 컬럼.

청구항 9.

제 1 항에 있어서, 상기 집속 전극의 두께가 약 2mm인 것을 특징으로 하는 전자 빔 컬럼.

청구항 10.

제 1 항에 있어서, 상기 집속 전극이 올리브덴으로 구성된 것을 특징으로 하는 전자 빔 컬럼.

청구항 11.

제 1 항에 있어서, 상기 집속 전극이 상기 전자 빔이 통과하는 홀을 한정하며, 상기 홀은 약 5mm의 직경을 갖는 것을 특징으로 하는 전자 빔 컬럼.

청구항 12.

제 1 항에 있어서, 상기 집속 전극이 상기 전극으로부터 약 2mm 간격에 배치되는 것을 특징으로 하는 전자 빔 컬럼.

청구항 13.

제 1 항에 있어서, 상기 집속 전극이 상기 애노드로부터 약 10mm 간격에 배치되는 것을 특징으로 하는 전자 빔 컬럼.

청구항 14.

전자 빔 컬럼에 전자 빔을 제공하는 방법으로서,

전자 빔 방출하고;

상기 방출 지점과 동축인 제 1 전계에 상기 방출된 빔을 쏘이고;

상기 제 1 전계로부터 제 2 전계 하부쪽으로 상기 방출된 빔을 쏘이고;

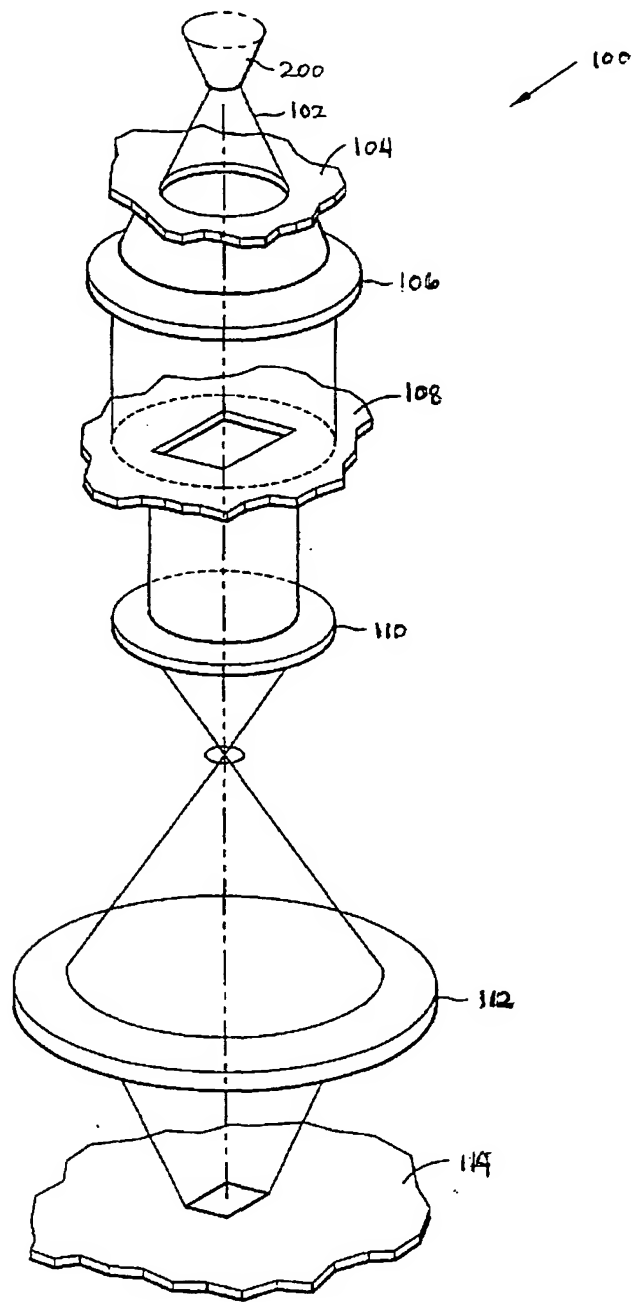
상기 제 2 전계로부터 제 3 전계 하부쪽으로 상기 전자 빔을 집속시키고;

상기 빔 형상으로 개구를 통해 상기 집속된 빔을 통과시키고;

상기 전자 빔과 각각 동축인 다수의 전자 빔 렌즈를 통해 상기 형상화된 전자 빔을 통과시키는 것을 포함하는 것을 특징으로 하는 전자 빔 제공 방법.

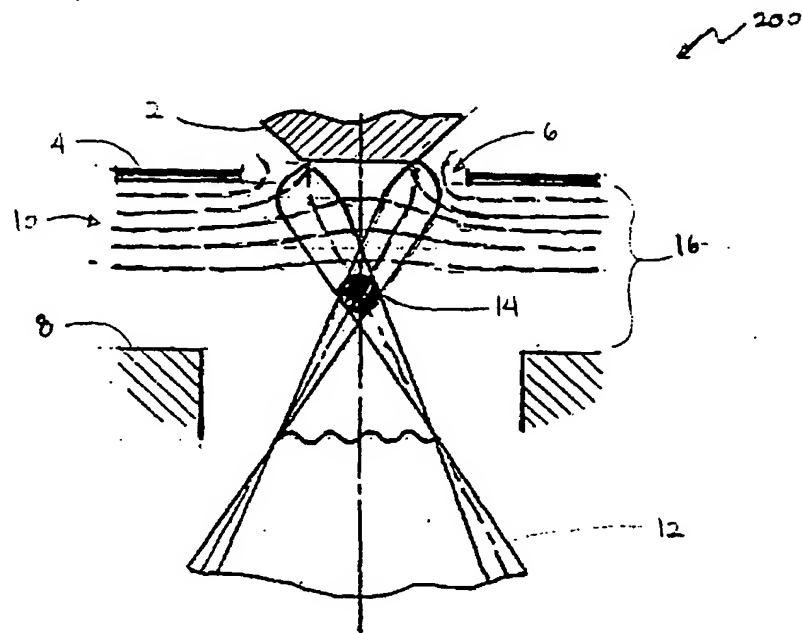
도면

도면 1



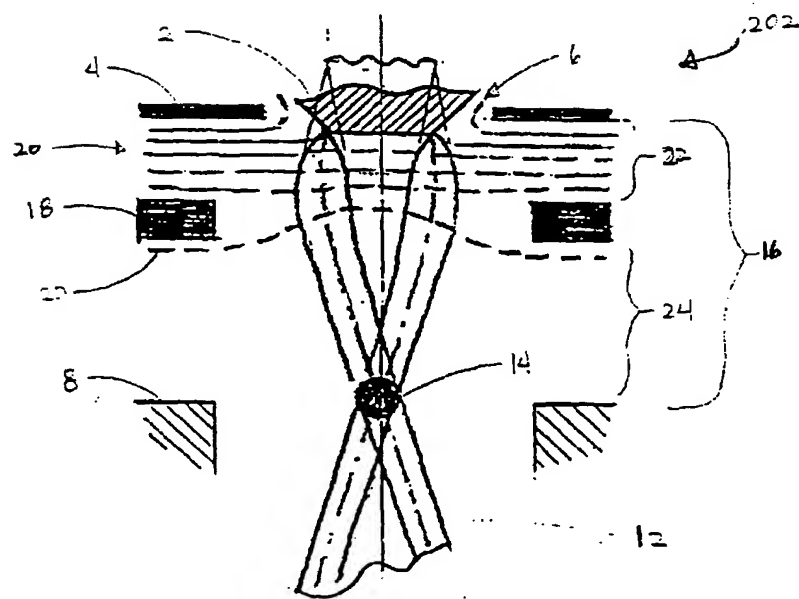
(종래 기술)

도면 2

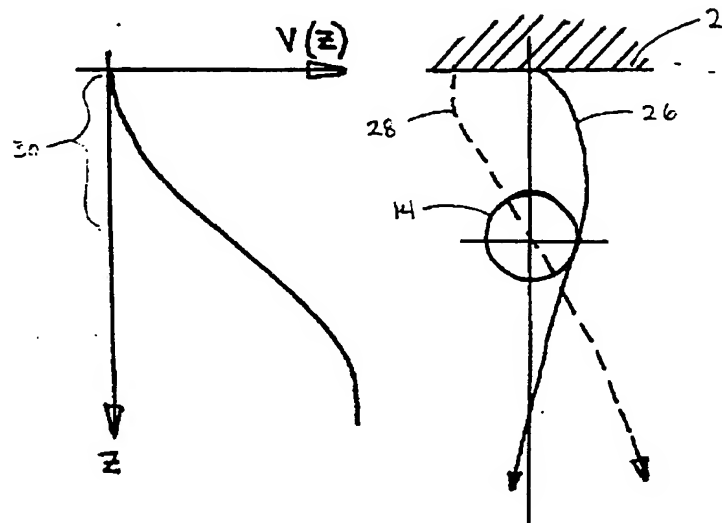


(종래 기술)

도면 3



도면 4



(종래 기술)

도면 5

